

LA SISTEMA VETIVER PARA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS Y TIERRAS CONTAMINADAS

Paul Truong

TVNI Director responsable para Asia y el Sur Pacifico,
Director General Veticon Consulting,
Brisbane 4069, Australia,
Correo: p.truong@vetivon.com.au

Abstracto

La Sistema Vetiver (SV), está fundado en los aplicaciones del pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, Roberty L.), fue investigado y desarrollado por *The Vetiver Network International (TVNI)* como una herramienta de protección del medio ambiente. La aplicación del SV para la protección del medio ambiente es una nueva e innovadora tecnología de fitoremediación. El SV se utiliza en más de 100 países tropicales y subtropicales de Australia, Asia, África y América Latina para el tratamiento y disposición de aguas residuales contaminadas, residuos de la minería y las tierras contaminadas, debido a su eficacia y como métodos naturales de bajo costo de la protección del medio ambiente.

Amplia investigación y desarrollo en Australia, China y Tailandia en los últimos 20 años han demostrado que el pasto vetiver no es invasivo que tiene una alta absorción de agua y nutrientes y se puede desarrollar en la mayoría de suelos y las condiciones climáticas adversas. El vetiver es tolerante a niveles elevados, a veces tóxicos, de la salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad, así como toda una serie de metales pesados y agroquímicos. Las investigaciones más recientes muestran su capacidad excepcional para absorber y tolerar niveles extremos de nutrientes, y de consumir grandes cantidades de agua en condiciones húmedas resultando con un crecimiento rapidísimo.

El Vetiver es una tecnología de tratamiento de aguas residuales verde y respetuoso del medio ambiente, así como un método de reciclaje natural. Su producto final tiene varios usos como forraje para los animales, artesanía y materiales para la agricultura ecológica.

Debido a sus características morfológicas y fisiológicas extraordinarias, el vetiver también ha sido utilizado con éxito para la rehabilitación de residuos de minas como carbón, oro, plomo, zinc, cobre, bentonita, y bauxita; y la fitoremediación de tierras altamente contaminadas y residuos industriales sólidos en Australia, Chile, China, Sudáfrica, Tailandia y Venezuela. Este artículo da un revisión y actualización del I&D y las aplicaciones del Sistema Vetiver en la prevención y el tratamiento de aguas y tierras contaminadas.

Palabras claves: Pasto Vetiver, lixiviados, aguas residuales, desechos de minería, tierras contaminadas, metales pesados.

1.0 INTRODUCCIÓN

El Sistema Vetiver (SV), que se basa, en la aplicación de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, Roberty L), fue desarrollado por el Banco Mundial para la conservación de suelo y de aguas en India en los años 1980. Además de su aplicación muy importante en las tierras

agrícolas, la investigación científica llevada a cabo en los últimos 20 años ha demostrado claramente que SV es también uno de los métodos más eficaces y naturales, y de bajo costo para la protección del medio ambiente. Esto ha llevado a la utilización mundial del SV, para este propósito. Por esta razón, el vetiver se conoce como una hierba maravilla, una hierba milagrosa y una hierba mágica en diversas partes del mundo. Las cuatro aplicaciones principales del SV son:

Protección del medio ambiente por:

- Prevención, Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales
- Rehabilitación y Tratamiento de Suelos Contaminados
- La estabilización de taludes pronunciadas, tanto en tierra firme y sobre el borde de ríos
- Conservación de suelos y aguas en tierras agrícolas

Este documento sólo trata los temas asociadas con la protección ambiental.

2.0 PREVENCIÓN, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUA CONTAMINADA (Truong *et al*, 2008).

El Sistema Vetiver está ahora bien aceptado y utilizado en todo el mundo para varias aplicaciones. Entre ellas, las aplicaciones de protección del medio ambiente son lo más popular debido a su eficacia, simplicidad y bajo costo.

Investigaciones previas realizadas para mejor entendimiento de la función de los atributos fisiológicos y morfológicos extraordinarios de vetiver en la conservación de suelo y de aguas, descubrió que el pasto vetiver también tiene algunos atributos muy adecuados para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por procedimientos industriales, así como las descargas domésticas y las tierras contaminadas procedentes de las industrias y la minería.

El SV tiene la capacidad de reducir o eliminar aguas residuales por medida de: control de infiltración, riego de tierras, y humedales. Aplicaciones exitosas de tratamiento incluyen:

- Las aguas residuales (domésticas y municipales), efluentes y lixiviados de vertedero
- Reciclaje de aguas residuales industriales y la eliminación
- Filtraciones de actividades industriales y de minería
- El SV puede mejorar la calidad de las aguas residuales a través de: atrapar escombros, sedimentos y partículas, la absorción de contaminantes como nutrientes y metales pesados, la desintoxicación de agroquímicos en los humedales. Éxito en las aplicaciones incluyen la mejoramiento de la calidad de aguas residuales procedente de:
 - Agua de escorrentía de las tierras agrícolas
 - Agua de escorrentía de las tierras urbanas
- El SV tiene la capacidad reducir el impacto de la contaminación en las tierras contaminadas causada por las industrias y la minería, por la rehabilitación de tierras y la fitoremediación.
 - Agua de escorrentía de las actividades industriales y de minería

El SV ha sido implementado en más de 100 países en los climas tropicales y subtropicales para la prevención y tratamiento de la contaminación de aguas y tierras contaminadas.

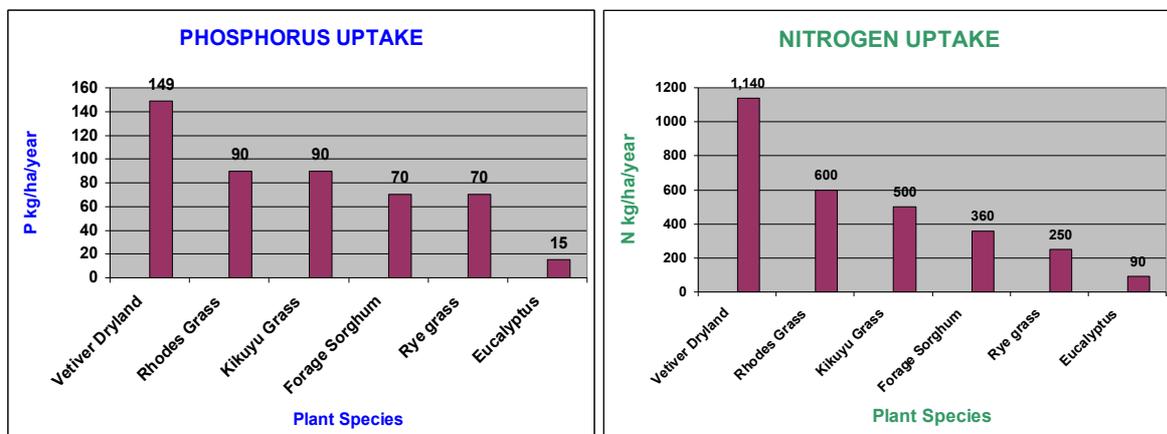
La investigación extensa en Australia, China y Tailandia y en otros países ha establecido que el Vetiver posee algunas características muy adecuadas para la protección del medio ambiente (Truong, 2004). Tal como su tolerancia a niveles elevados, a veces tóxicos de la salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad así como un rango de metales pesados y productos agroquímicos. Las últimas investigaciones también muestran su excepcional capacidad para absorber y tolerar niveles extremos de nutrientes (Wagner et al. 2003), para consumir grandes cantidades de agua produciendo un crecimiento masivo, más de 100t/ha en la biomasa (Truong y Smeal, 2003). Estos atributos indican que el vetiver es muy adecuado para el tratamiento de aguas residuales contaminadas de las industrias así como efluentes domésticos.

2.1 La Reducción o la Eliminación de aguas residuales

Para la reducción o la eliminación total de las aguas residuales a gran escala, los métodos vegetativos son el único método viable y practicable disponible hasta la fecha. Històricamente, los árboles y las especies de pastos se han utilizado para la eliminación de aguas residuales en Australia, pero recientemente se descubrió el pasto vetiver como más eficaz que los árboles y las otras especies de pastos en la eliminación y tratamiento de lixiviados de vertedero, los efluentes domésticos e industriales (Fig.1) (Ash y Truong, 2003).

Para cuantificar la tasa de uso del agua por el vetiver, un ensayo de invernadero mostró una buena correlación entre el uso del agua y la producción de materia seca. De esta correlación se calculó que para 1 kg de biomasa seca, el vetiver usaría 6.86L/día. Usando estos datos, se calcula que si la biomasa del vetiver a 12 semanas de edad, en la cima de su ciclo de crecimiento, fue 40.7t/ha, una hectárea de vetiver podría potencialmente utilizar 279KL/ha/día (Truong y Smeal, 2003).

Fig.1: Mayor capacidad de absorción de N y P que otras plantas



2.1.1 La eliminación del efluente séptico doméstico

La primera aplicación del SV para la eliminación de efluentes se llevó a cabo en Australia en 1996, y las pruebas posteriores demostraron que la siembra de alrededor 100 plantas de vetiver en un área de menos de 50m² tiene la capacidad de secar completamente la descarga de efluentes de un bloque sanitario en un parque, donde otras plantas tales como pastos tropicales y árboles de crecimiento rápido y cultivos como la caña de azúcar y banana han fracasado (Truong y Hart, 2001).

2.1.2 La eliminación de las aguas residuales industriales

La eliminación de las aguas residuales industriales se somete a las normas ambientales estrictas implementadas por la Autoridad de Protección Ambiental. El método más económico para el tratamiento de aguas residuales industriales es el riego de la tierra, que se basa actualmente en la agricultura de cultivos y plantas forestales. Sin embargo, con la superficie terrestre limitada disponible para el riego, estas plantas no son suficientemente eficientes para disponer de manera sostenible todos los efluentes producidos por las industrias. Por lo tanto, para cumplir con las nuevas normas, la mayoría de las industrias están ahora bajo una fuerte presión para mejorar sus procesos de tratamiento mediante la adopción del SV como medio sostenible de la eliminación de aguas residuales (Smeal et al, 2003).

2.1.3 La eliminación de lixiviados de vertedero:

La eliminación de los lixiviados de vertedero es una preocupación importante para todas las grandes ciudades, dado que el lixiviado es a menudo altamente contaminado con metales pesados, los contaminantes orgánicos e inorgánicos. En Australia, China, México, Tailandia y los Estados Unidos, este problema se puede resolver por medio de irrigación de vetiver sembrado en la cima del vertedero y muro de retención, con los lixiviados recogidos en la parte inferior del vertedero.

Estudio de caso en Australia

La eliminación de los lixiviados de vertedero es una preocupación importante para todas las grandes ciudades, dado que el lixiviado es a menudo altamente contaminado con metales pesados, los contaminantes orgánicos e inorgánicos. Como descrito en la sección anterior, en Australia y China este problema puede ser resuelto por irrigación de vetiver sembrado en la parte superior del vertedero y muro de retención, con los lixiviados recogidos en la parte inferior del vertedero. Los resultados hasta la fecha han sido excelentes; el crecimiento fue tan fuerte que durante el período seco, no había suficiente lixiviado para irrigar el vetiver. Una siembra de 3.5ha eliminò efectivamente unos 4 millones de litros en un mes en verano y 2 millones litros de lixiviados en un mes en invierno (Percy y Truong, 2005).

Estudio de caso en los Estados Unidos y México

La utilización en sitio de los lixiviados de vertedero usando sistemas de fitoremediación está transformando la forma en que la industria de los residuos sólidos maneja los residuos líquidos generados. El cambio no sólo sustituye a la antigua 'carga, acarreo y descarga' proceso en donde la tecnología permite, pero también representa nueva manera verdaderamente VERDE, carbono negativo, y con un enfoque sostenible usando árboles y pastos. Además, el enfoque

ahorra millones de dólares en cada sitio donde se le implementan. Leggette, Brashears y Graham, Inc. (LBG) se ha unido con Republic Services, Inc. en una serie de proyectos de fitoremediación con gran éxito.

USA: Biloxi, MS: El vertedero de Republic Gulf Pines fue el primer proyecto de su clase en el hemisferio occidental, cuando se utilizó el vetiver para la fitoremediación de lixiviados en este lugar.

Tres hectáreas de vetiver fueron sembradas en la parte superior de ese vertedero de “Pre-subtitle D”, para procesar aproximadamente tres millones de litros de lixiviados por año. El costo por disposición galón se redujo de \$ 0.13 por galón a menos de \$ 0.015. El proyecto está calculado de ahorrar \$ 8.000.000 en un período que devengó estándar en comparación con los métodos tradicionales de eliminación fuera del sitio. Este proyecto fue recientemente reconocido como el ganador del Gran Premio Nacional de la Academia Americana de Ingenieros Ambientales - Concurso Nacional de Excelencia en Ingeniería.



*Excellence in
Environmental Engineering®*

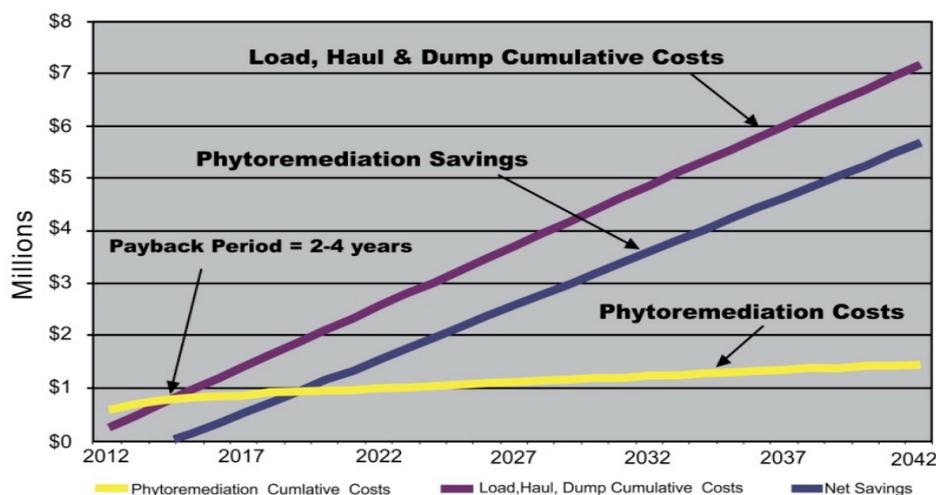


MÉXICO: León, Poza Rica, y Villahermosa

Están en marcha los tres primeros proyectos de su tipo en América Latina con el vetiver para la fitoremediación de lixiviados de vertedero, para la empresa de residuos sólidos lo más grande en México, Promotora Ambiental SAB de CV (PASA), y cada uno presentan numerosos retos específicos dependiendo de su sitio. El vertedero León es una instalación recientemente adquirida, con gran necesidad de varias mejoras que fueron ignorados por el dueño anterior. Un gran problema es el manejo del lixiviado muy fuerte, doméstico/industrial, generado por ese centro activo. Además de los 25.000 galones de lixiviados producidos diariamente, un adicional de 15 millones de galones se almacenan actualmente en lagunas en espera de tratamiento. El propietario está bajo una gran presión política para llevar rápidamente el vertedero a los estándares aceptables. El uso de fitoremediación con el SV para resolver estos problemas ya se ha aliviado un poco la presión y ha sido un importante paso hacia el éxito general del sitio. La facilidad de Poza Rica incluye el uso de vetiver para tres propósitos principales: la estabilización de taludes muy inclinadas y con alta potencial de erosión, la utilización in situ de lixiviados fresco, y el control de brotes de lixiviados. Villahermosa tiene características similares a Poza Rica, pero el diseño y operación se complicó aún más debido a las lluvias extremas en el área, que se encuentra a lo largo de la costa sur del Golfo de México.

2.2 Evolución futura

Rentabilidad: Los resultados de las aplicaciones de los Estados Unidos en los últimos años, indican que debido al aumento de los costes de eliminación convencional de lixiviación, costos de acarreo y gestión de descarga, que la fitoremediación con el SV es la opción más obvia para superar el aumento del costo. Por lo tanto, la tendencia futura es ver más y más aplicaciones de el SV en fitoremediación.



Modelización: Modelos computarizados son usados con regularidad para determinar el área de tierra necesaria para la correcta aplicación del SV en el tratamiento de aguas residuales a gran escala. Los principales parámetros requeridas para el proceso de modelado incluyen datos del clima precisa y a largo plazo, tipo de suelo y la profundidad, el nivel de las aguas subterráneas y la cantidad y la calidad de las aguas residuales entrando (Truong y Truong, 2011)

Hasta la fecha no hay un modelo disponible para el tratamiento de bajo volumen, ya que estos parámetros no están fácilmente disponibles. Un papel a ser presentado en esta Conferencia que se llama "Modelo computarizado para el tratamiento de aguas residuales de volumen pequeño" dará un método más preciso para determinar el área de tierra necesaria para esta aplicación, basada en el conocimiento y experiencia más reciente con el SV.

3.0 TRATAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE TIERRAS CONTAMINADAS

En el interés de la protección del medio ambiente, los avances más significativos en los últimos 20 años son primeramente la investigación para establecer los niveles de tolerancia de referencia del pasto vetiver en las condiciones de suelo adversas, y en segundo lugar su tolerancia a la toxicidad de metales pesados. Estos han abierto un nuevo campo de aplicación para la rehabilitación de las tierras tóxicas y contaminadas.

3.1 Rehabilitación de Minas y fitoremediación

Con sus características morfológicas y fisiológicas extraordinarias, el pasto vetiver ha sido utilizado con éxito para la estabilización de taludes inclinadas y fitoremediación de residuos mineros en Australia y otros países (Truong, 2004).

En Australia: El SV se ha utilizado con éxito para tratar residuos de carbón y en la rehabilitación de desechos de las minas de carbón, residuos de minería de oro frescos y antiguos (Truong, 2004).

En China: El SV ha sido utilizado con éxito para tratar los relaves de Pb y Zn en las minas debido a su alta tolerancia al metal; además, vetiver puede también ser utilizado para fitoextracción gracias a su biomasa masivo. La investigación reciente también sugiere que vetiver tiene alta tolerancia al drenaje ácido de las minas (AMD) a partir de una mina de Pb/Zn, y los humedales sembrados con este pasto puede ajustar el pH y retire SO₄²⁻, Cu, Cd, Pb, Zn y la Mn a partir de la AMD (Shu, 203 y Xia et al, 2003).

En África del Sur: Roley Noffke, CEO de Hydromulch, Johannesburgo, República de Sudáfrica, presentará una papel magistral: “Minas y Proyectos de Rehabilitación asociados en África y las Islas del Océano Índico”, en esta Conferencia. Numerosos proyectos en la República Democrática del Congo, Etiopía, Congo Brazzaville, Guinea, Gabón, Madagascar y Sudáfrica han sido rehabilitados con éxito utilizando la Sistema Vetiver / hidrosiembra, y ahora se ha extendido a las comunidades locales en las zonas rurales para la rehabilitación y la gestión sostenible de la tierra. También una descripción breve en los proyectos que reflejen los grandes avances que se han logrado en la lucha contra la erosión y los sedimentos, bio-ingeniería y restauración de la vegetación y la participación de la comunidad en general.

En Tailandia: Chomchalow (2006) informó que el vetiver puede crecer bien en las relaves de las minas de plomo. La aplicación de compost o fertilizante químico dio como resultado un mejor crecimiento en altura y peso seco que sin abonos, pero no aumentó la concentración de plomo en la planta de vetiver. La mayor concentración se encontró en la raíz comparado con las hojas.

4.0 VENTAJAS GENERALES DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA VETIVER

- **Simplicidad:** La aplicación del Sistema Vetiver es bastante sencillo en comparación con otros métodos convencionales. Aparte del diseño inicial apropiada, sólo requiere la preparación de la tierra para la siembra y medidas de prevención de hierbajos en la fase de establecimiento.

- **Bajo Costo:** La aplicación del Sistema de vetiver en tratamiento de aguas residuales cuesta una fracción comparado con métodos convencionales tales como tratamiento químico o mecánico. La mayor parte del costo se encuentra en el material vegetal, con pequeñas cantidades de fertilizantes, herbicidas y el trabajo de la siembra.

- **Mantenimiento mínimo:** Una vez establecida, el SV requiere poca o ningún mantenimiento para seguir haciendo su función; solo la cosecha dos o tres veces al año para exportar nutrientes y la eliminación de la parte superior para otros usos. Esto es el contrario

comparado con otros medios más costosos que requieren el mantenimiento regular y un operador experto, como un ingeniero, para operarlo de manera eficiente.

5.0 REFERENCIAS

- Ash R. and Truong, P. (2003). The use of vetiver grass wetland for sewerage treatment in Australia. Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China, October 2003.
- Chomchalow, N. (2006). Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Proc. Regional Vetiver Conference, Cantho, Vietnam.
- Percy, I. and Truong, P. (2005). Landfill Leachate Disposal with Irrigated Vetiver Grass. Proc, Landfill 2005. National Conf on Landfill, Brisbane, Australia, Sept 2005
- Truong, P.N.V. (2004). Vetiver Grass Technology for mine tailings rehabilitation. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation. Editors: D. Barker, A. Watson, S. Sompatanit, B. Northcut and A. Maglinao. Published by Science Publishers Inc. NH, USA.
- Truong P and Truong N (2011). Recent Advancements in Research, Development and Application of Vetiver System Technology in Environmental Protection. Fifth Intern. Conf. on Vetiver, Lucknow, India, October 2011
- Truong, P.N. and Hart, B. (2001). Vetiver system for wastewater treatment. Technical Bulletin No. 2001/2. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P. and Smeal (2003). Research, Development and Implementation of Vetiver System for Wastewater Treatment: GELITA Australia. Technical Bulletin No. 2003/3. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Shu Wensheng (2003). Exploring the Potential Utilization of Vetiver in Treating Acid Mine Drainage (AMD). Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China, October 2003.
- Xia Hanping, Honghua Ke, Zhaoping Deng and Peng Tan. (2003). Ecological effectiveness of vetiver constructed wetlands in treating oil refined wastewater. Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China, October 2003.